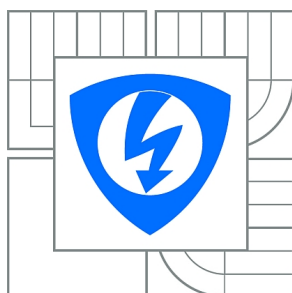




# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

## BEZDRÁTOVÝ PAGER

WIRELESS MESSAGING SYSTEM

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JIŘÍ MACHATÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ SEKORA

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Biomedicínské a ekologické inženýrství**

**Student:** Bc. Jiří Machatý

**ID:** 111087

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2011/2012

**NÁZEV TÉMATU:**

**Bezdrátový pager**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Proved'te literární rešerši a prostudujte možnosti bezdrátového přenosu informací. 2) Vyberte vhodný modul RF vysílače a přijímače pro aplikaci bezdrátového pageru pro přivolání zdravotního personálu. 3) Navrhněte a realizujte vhodný komunikační protokol, který bude zajišťovat synchronizaci, zabezpečení a přenos informace v podobě bitového slova. 4) Navrhněte blokové schéma vysílače a přijímače a sestavte vývojový diagram programu i samotný program pro řídicí mikrokontroléry. 5) Práce musí obsahovat návrh vhodného komunikačního protokolu, blokové schéma vysílací a přijímací části, systémový návrh a schémata zapojení přijímací i vysílací části, rozpisku součástek a program pro řídicí mikrokontroléry.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Nordic Semiconductor: Standard Components RF [online]. Poslední aktualizace 2007. Dostupný z URL: <<http://www.nordicsemi.com/>>.

[2] VOJÁČEK, A. HW server: Bezdrátový přenos dat z akcelerometru Freescale [online]. Poslední aktualizace 9.9.2006. Dostupný z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/>>.

**Termín zadání:** 6.2.2012

**Termín odevzdání:** 18.5.2012

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Sekora

**Konzultanti diplomové práce:**

**prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## ABSTRAKT

Tento projekt popisuje návrh zapojení bezdrátového pageru. Jsou zde popsány možnosti realizace, bloková schémata přijímače a vysílače program pro jejich ovládání a jednotlivé vývojové diagramy. Při teoretickém návrhu byl brán zřetel na snadnou obsluhu, odolnost a výdrž funkce na baterie. Pro realizaci byl vybrán vhodný bezdrátový modul s postačujícím dosahem. Cílem práce je vhodný návrh bezdrátového pageru s dostatečným dosahem, odolností a přijatelnou cenou, který by bylo možné používat v rámci oddělení nebo rodinného domu pro přivolání pomoci.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Bezdrátový pager, CRC, přijímač, vysílač, systémový návrh, bitové slovo, mikrokontrolér, DC/DC měnič, synchronizace.

## ABSTRACT

This project proposal describes the involvement of a wireless pager. It describes the possibility of realization, block diagrams of the receiver and transmitter control program for their individual and flowcharts. In the theoretical design are taken into account the ease of use, durability and endurance of the battery function. Was chosen for the realization of a suitable wireless module, with a sufficient range. The goal is to design a suitable wireless pager with sufficient range, durability and reasonable price that could be used within a department or a house to call for help.

## KEYWORDS

Wireless pager, CRC, receiver, transmitter, system design, bit word, the microcontroller, DC/DC changer, synchronization

MACHATÝ, J. *Bezdrátový pager*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 46s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Sekora.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma *Bezdrátový pager* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomovou práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomovou práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Jiřímu Sekorovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Úvod</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>1 Požadavky na zařízení</b>               | <b>2</b>  |
| <b>2 Bezdrátová komunikace</b>               | <b>3</b>  |
| 2.1 Standard IEEE 802.15.1 (Bluetooth) ..... | 3         |
| 2.2 Standard IEEE 802.11 (WiFi).....         | 4         |
| 2.3 Standard IEEE 802.15.4 (ZigBee) .....    | 5         |
| 2.4 IrDA .....                               | 6         |
| 2.5 Standard IEEE 802.11 (ISM pásmo).....    | 7         |
| 2.6 Výběr modulů .....                       | 8         |
| 2.6.1 Vysílací modul.....                    | 8         |
| 2.6.2 Přijímač modul .....                   | 9         |
| <b>3 Komunikační protokol</b>                | <b>10</b> |
| 3.1 Návrh bitového slova .....               | 10        |
| 3.2 Cyklický redundantní součet.....         | 11        |
| <b>4 Blokové schéma vysílací části</b>       | <b>13</b> |
| <b>5 Blokové schéma přijímací části</b>      | <b>15</b> |
| <b>6 Vývojový diagram programu</b>           | <b>16</b> |
| 6.1 Schéma vysílací části .....              | 16        |
| 6.2 Schéma přijímací části .....             | 18        |
| <b>7 Systémový návrh</b>                     | <b>20</b> |
| 7.1 Systémový návrh vysílače.....            | 20        |
| 7.2 Systémový návrh přijímače.....           | 22        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 7.3      | AT MEGA 8 .....                               | 23        |
| 7.4      | Baterie .....                                 | 24        |
| 7.5      | Měnič stejnosměrného napětí.....              | 25        |
| 7.6      | Krystal.....                                  | 26        |
| 7.7      | Spotřeba energie.....                         | 26        |
| <b>8</b> | <b>Schémata zapojení</b>                      | <b>28</b> |
| 8.1      | Schéma zapojení vysílací části.....           | 28        |
| 8.2      | Osazovací deska plošného spoje vysílače ..... | 30        |
| 8.3      | Schéma zapojení přijímací části.....          | 31        |
| <b>9</b> | <b>Závěr</b>                                  | <b>33</b> |
|          | <b>Seznam obrázků</b>                         | <b>34</b> |
|          | <b>Seznam tabulek</b>                         | <b>35</b> |
|          | <b>Literatura</b>                             | <b>36</b> |
|          | <b>Přílohy</b>                                | <b>38</b> |

# Úvod

Komunikace je v lidském životě nepostradatelná. Člověk potřebuje být neustále v kontaktu s okolím a nemusí se vždy jednat jen o pomoc v nemoci, ale třeba přivolání kolegy nebo přivolání rodinného příslušníka. Úkolem diplomové práce je zkonstruovat bezdrátový pager pro přivolání vzdálené pomoci nebo vzdáleného kolegy. V našem případě se předpokládá více příjemců, které kontaktuje jeden odesílatel, který bude vybírat uživatele a zprávu pro něj a několik příjemců, kteří jsou v pohybu. Z těchto požadavků vycházejí nároky na konstrukci mobilního a kompaktního zařízení s přiměřeným dosahem v rámci budovy, které by příjemce nijak neomezoval a umožňoval pohodlnou obsluhu a manipulaci. Pro tuto realizaci je nutné zvolit vyhovující komunikační protokol. Vybrat nejvhodnější modul pro odesílání a příjem mezi dvěma zařízeními. Nesmíme zanedbat ani výběr mikrokontroléru, který by měl být cenově dostupný a splňoval by naše softwarové a hardwarové požadavky.



# 1 Požadavky na zařízení

Využití tohoto zařízení nám udává požadavky na jeho konstrukci. Zde je požadována odolnost a jednoduchost ovládání přijímací i vysílací části a to tak, aby ovládání bylo snadné pro starší uživatele. Dalším faktorem je výdrž na baterie, kde by přístroj ztrácel na svých výhodách v případě nutnosti častého a manuálně náročného vyměňování baterií. Samotná konstrukce by měla být odolná, nejlépe vodotěsná, aby splňovala nejnáročnější požadavky uživatelů a byla funkční i po případném pádu. Cílem je sestavení malého a cenově dostupného řešení bezdrátového pageru. Cílem je malé kompaktní zařízení s jednoduchou obsluhou, kompaktními rozměry a větší odolností. Zařízení, které by bylo schopno kontaktovat více uživatelů a předávat jim více zpráv v krátkém čase a s dostatečnou spolehlivostí přenosu požadované zprávy.

Možnosti bezdrátového přenosu informací

Bezdrátový přenos byl zvolen pro nutnost zachování mobility příjemce. Pod bezdrátovým spojením je nutno si představit, spojení dvou objektů jiným způsobem než kabeláží. Podle typů nosného media informace rozeznáváme přenos optický a radiový. Optický princip přenosu nelze použít, protože je zde nutnost přímé viditelnosti přijímače a vysílače a tím by nebyla splněna podmínka volného pohybu po budově, nehledě na vysokou cenu takového zařízení. Z nutnosti vybrat radiovou variantu spoje jsme ještě omezeni nutností výběru volného frekvenčního pásma, kde ovšem hrozí velké zašumění okolními zdroji, pracujícími na stejných, nebo blízkých kmitočtech.

## 2 Bezdrátová komunikace

Bezdrátové sítě se využívají pro spojení dvou zařízení jinak než kabelovou cestou. Pomineme-li přenosové rychlosti u spojení kabelových a optických propojení. Můžeme bezdrátové sítě brát jako další možnost datové propojení dvou či více zařízení. Bezdrátové sítě se využívají na krátké vzdálenosti IRD (desítky centimetrů) pro ovládání televize až po desítky kilometrů (komunikace ve vesmíru). Tyto technologie se dnes využívají v řadě přístrojů, které denně používáme (mobilní telefony, satelitní televize, GPS zařízení a jiné). Popis nepoužívanějších technologií, jejich princip a vlastnosti jsou popsány níže.

### 2.1 Standard IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

Bluetooth je standard pro bezdrátovou komunikaci mezi elektronickými zařízeními, která se využívají především na krátké vzdálenosti, v bez licenčním pásmu, které je celosvětově vyhrazeno pro lékařské, vědecké a průmyslové účely. Radiové pásmo ISM pracuje v oblasti 2,4GHz. Původní technologie byla postupně upravena pro vytváření příležitostných a jednoúčelových ad hoc sítí. Díky příznivé ceně a odolnosti proti rušení se dostala do automatizovaných provozů, kde se s jejím nasazením v počátcích nepočítalo.[1]

Přenos mezi dvěma zařízeními lze uskutečnit, pokud jsou obě vybavena čipem bluetooth s kompatibilním programovým vybavením tj. podporují shodné profily. Čipy o nízkém výkonu „poslouchají“, v intervalech kratší než jedna sekunda v blízkém prostoru a snaží se zachytit signál dalších zařízení. Pokud tento signál zachytí, naváže se automaticky bezdrátové spojení, při němž se jednotlivá zařízení identifikují podle specifické adresy výrobce. Pro zabránění interferencí mezi přístroji vysílajícími na stejných frekvencích (přístroje v síti WLAN, mikrovlnné trouby atd.) Využívá Bluetooth technologie tzv. frequency hopping a vysílač mění svou frekvenci 1600 krát za sekundu. Tím je docíleno vyhnutí se jiným spojením a dosahuje se navýšení spolehlivosti.

Základem tohoto bezdrátového systému je modul bluetooth který je tvořen vysokofrekvenčním dílem a radičem. Takto vytvořené základní pásmo tvoří rozhraní k mobilním telefonům, PDA, PC atd. Vysílač vysokofrekvenčního dílu může mít výkon 1mW, 2.5mW a 100mW. Jednotlivé výkony se využívají pro požadované dosahy od 10 do 100m. Pásmo ISM (2,402 až 2,480GHz) je děleno na 78 frekvenčních pásem s oddělením po 1MHz. Mezi kterými dochází

k pseudonáhodným skokům. Maximální proudová spotřeba je do 300mA. Tato technologie od počátku umožňuje propojení až 7 přístrojů, které se o šířku pásma dělí. Tato technologie podporuje synchronní i asynchronní přenos. V případě asynchronního přenosu v symetrickém nebo asymetrickém modu.

Tento standard umožňuje vytvářet tzv. pikosítě, kde se spojují minimálně dvě zařízení a maximálně osm, přičemž jedno zařízení je nadřazeno ostatním. Pikosít' je možné kdykoliv zmenšovat nebo zvětšovat a tak vytvářet proměnlivou síť, měnící se zapnutím nebo vypnutím některého přístroje. Více pikosítí (maximálně 10) tvoří rozloženou síť, v níž mohou komunikovat všechna zařízení vzájemně. Můžeme provozovat i pikosít' s 255 uživateli, ale pouze 8 aktivních v jeden okamžik. Pro větší počty uživatelů lze použít přístupové body tzv. BAP. Takto vytvořené pikosítě se mohou i překrývat.

Jednotlivé zařízení využívají pro ně vhodné softwarové profily, které se odlišují podle druhů využití zařízení. Standardizováno je více než 20 profilů. Například pro faxy, přenosy obrazu zvuku a dat, nebo tvorbu sítí. Přístroje komunikující mezi sebou musí mít stejné profily.

Výhody bluetooth modulů jsou v nízkých energetických nárocích. Malý výkon vysílačů, malé a levné moduly, přístupné standardy a kompatibilní profily. Při strachu o bezpečnost přenášených dat může být i výhoda malý dosah modulů, tudíž menší pravděpodobnost odposlechu.

Nevýhodou je malá rychlost, omezený počet uživatelů a malá maximální vzdálenost zařízení.

## **2.2 Standard IEEE 802.11 (WiFi)**

Wi-Fi bylo navrhováno pro komunikaci mezi přenosnými zařízeními a jejich připojování do lokálních sítí. V průběhu času začala tato technologie být využívána k připojování těchto zařízení do sítě internet. Wi-Fi zařízení je dnes prakticky ve všech přenosných počítačích a mobilních telefonech. Velký rozmach zaznamenala tato technologie především díky využití bezlicenčního pásma, což se projevuje jeho silným zarušením a častými bezpečnostními kolizemi. [2]

Hlavní roli ve Wi-fi sítích hraje SSID identifikátor, to je řetězec ASCII znaků, které se používají pro oddělení a identifikaci jednotlivých sítí. Tento identifikátor je v pravidelných intervalech vysílán jako broadcast, takže si každý uživatel má možnost zobrazit dostupné bezdrátové sítě. Skrytí SSID je také nejjednodušší způsob ochrany.

Spojení mezi dvěma rovnocennými klienty lze uskutečnit v podobě tzv. Ad-Hoc sítě.

Identifikace v této síti opět probíhá pomocí SSID. Oba uživatelé musí být v radiovém dosahu toho druhého. Využívá se především na krátké vzdálenosti pro náhodná spojení mezi uživateli.

Wi-fi technologie vyniká díky možností spojení na velké vzdálenosti a možnostem přenosu velkého množství dat. Nevýhodou je slabé zabezpečení proti zneužití, spotřeba energie a pořizovací náklady.

## **2.3 Standard IEEE 802.15.4 (ZigBee)**

ZigBee je nízkorychlostní standard bezdrátové technologie zaměřený na oblast automatizace a řídicí techniky. Uplatňuje se především v řízení budov, dalkových ovládacích a čtení vzdálených měřicích hodnot. Navrhuje se pro aplikace, kde je potřeba přenášet malé objemy dat a je kladen důraz na co nejmenší spotřebu energie. Přijímací moduly mohou být napájeny bateriově, ale tento postup se nedoporučuje u směrovačů a koordinátorů, jelikož je na nich závislá celá síť. [3]

ZigBee standard je založen na využití fyzické a linkové vrstvy. Bylo pro něj přiděleno několik radiových pásem. Díky rozdílným definicím pásem na různých kontinentech vznikla tři radiová pásma, která lze uplatnit na rozdílných kontinentech.

- 1) Globální: pásmo ISM 2,4GHz, 16 kanálů a přenosová rychlost 250kb/s
- 2) Austrálie a Amerika: pásmo 915MHz s 10 kanály a rychlostí 40kb/s
- 3) Evropa: pásmo 868 MHz s jedním kanálem a rychlostí přenosu 20kb/s

Je definován standardizovaný komunikační protokol, který je založen na přenosu datových rámců. Tyto rámce se používají pro přenos dat nebo pro řídicí informace samotné sítě.

Data frame: Rámec pro užitečná data (104 bytů)

Beacon frame: Rámec sloužící pro synchronizace zařízení v síti

MAC command frame: Rámec, který se využívá pro centrální konfigurování, nastavení a řízení klientských zařízení v síti ZigBee.

Acknowledgement frame: Rámec pro potvrzovací informaci. Využitelný pouze na úrovni MAC je vysílán v mrtvém čase, tj. ihned po přenosu paketu.

Pro adresaci zařízení je využito 16bitů, pro zkrácené adresování nebo 64bitů binárního adresovacího kódu pro dlouhé adresování. Každá sestavená síť je dále identifikována PAN ID což je 16bitový identifikátor, který se využívá pro rozlišení překrývajících se sítí. Každou síť s unikátním PAN ID spravuje koordinátor. Tento koordinátor spravuje síť jako koncové stanice.

ZigBee je navrženo pro využití v jednoduchých bezdrátových sítích, kde je kladen důraz na nízkou spotřebu, jednoduchost, nízkou cenu a tam kde je třeba vytvářet statickou síťovou strukturu.

## **2.4 IrDA**

IrDA pracuje na základě příjmu a vysílání infračerveného záření o vlnové délce 875nm. Jako vysílač se využívají LED diody pracující v infračerveném spektru. Jako přijímače se využívají fotodiody. IrDA je součástí notebooku, mobilních telefonů, PDA a podobně. [4]

IrDA (IrDA verze 1.0 a 1.1) pracuje do vzdálenosti 1m při bitové chybovosti BER (bit error ratio) a poměr chybně a správně přenesených bitů 10 – 9 a maximální úroveň okolního osvětlení 10klux (denní světlo). Tyto hodnoty jsou definované pro nesouměrnost přijímače a vysílače 15°. Rychlosti (IrDA 1.0) je 2400 - 115200 kb/s. Používá se pulzní modulace 3/16 délky doby trvání bitu. Formát dat je jako při sériovém přenosu (asynchronní přenos se start bitem). IrDA definuje také low-power IrDA zařízení s dosahem do 20cm a max. rychlostí 115 kb/s. Pulzní modulace se používá, aby LED diody mohly vysílat maximálním výkonem (nemohou takto svítit trvale – proto pulzy). [5]

Levné a jednoduché zařízení, jehož nevýhodou je pomalá rychlost, nutnost přímého vidění mezi vysílačem a přijímačem a nutnost nevelké vzdálenosti mezi vysílací a přijímací částí.

## 2.5 Standard IEEE 802.11 (ISM pásmo)

ISM pásmo bylo původně mezinárodně rezervováno pro průmysl, medicínu a vědu. Přenosová rychlost ISM (industrial, scientific and medical ) tohoto pásma je daná šířkou přiděleného pásma a modulační metodou. Dosahovaná rychlost je obecně nízká. V řádech tisíců bitů/s. Například při modulační metodě AFSK ve standardu V23 má přenosovou rychlost 1200b/s. Z povolenacích podmínek [6] je patrné, že je podporováno několik bezlicenčních ISM pásem. Srovnání v tabulce 1).

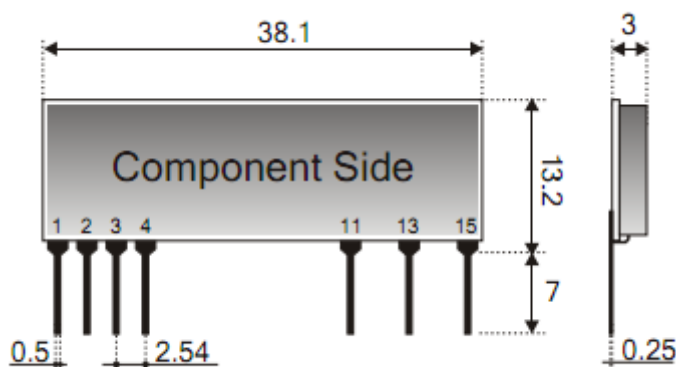
Tab. 1) Porovnání vlastností ISM pásem.

| ISM pásmo  | výhody  | nevýhody   |
|--|---|--|
| <b>150/160 MHz</b>                                 | velký dosah i v zastavěné oblasti   | pásmo vytížené mnoha aplikacemi (ovládání zařízení, zabezpečení v železniční dopravě)  |
| <b>433/450 MHz</b>                                 | středně velký dosah i v zastavěné oblasti   | pásmo vytížené aplikacemi (dálkové ovládání dveří automobilů, garáží apod.)  |
| <b>868 MHz</b>                                     | středně velký dosah, v zastavěné oblasti obdobné vlastnosti jako u GSM pásma 900 MHz, málo obsazené pásmo (způsobeno poměrně novým uvolněním pásma - v ČR od roku 2000) | menší dostupnost hardware  |
| <b>2400 MHz</b><br>(WiFi systémy)<br>a vyšší pásma | nízká cena, jednoduché připojení k počítači (nejčastěji Ethernet nebo PCI), široký rozsah hardwarové a softwarové podpory   | menší dosah, pro dosažení většího dosahu nutno použít směrových antén, omezený dosah v zastavěné oblasti, v pásmu 2400 MHz velká hustota provozu |

## 2.6 Výběr modulů

Z tabulky 1: porovnání ISM pásem a z popsanych vlastností technologií, které byli uvedeny, můžeme vyhodnotit, že ideální je využití VF modulů, u kterých je ideální spojení požadovaných vlastností a to dostačující dosah v rámci oddělení nebo budovy, velikost přenášené informace a nízké rušení pásma. Po přidání požadavku na snadnou dostupnost modulu a jeho nízkou cenu, která je důležitá pro případnou možnost většího množství reprodukcí zařízení, se jako nejvhodnější jeví modul AUREL TX-SAW, který pracuje ve volném pásmu na pracovní frekvenci 433,9 MHz, je dostupný cenově a má rozměry, kterými by měl vyhovovat pro přiměřenou miniaturizaci vysílače.

### 2.6.1 Vysílací modul



Obr. 1): Rozměry modulu Aurel tx-saw

Tab. 2) Zapojení pinů vysílacího modulu.

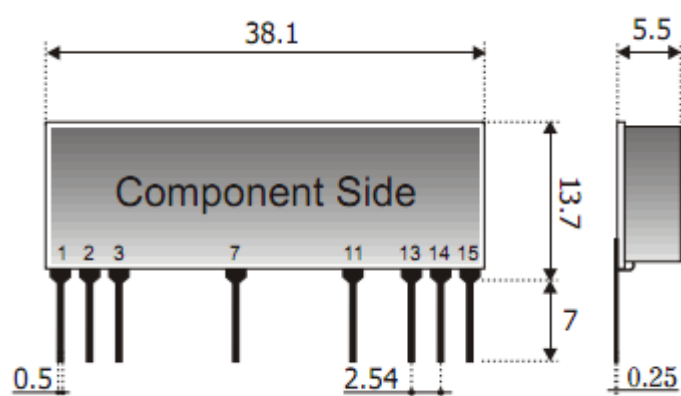
|    |              |
|----|--------------|
| 1  | zem          |
| 2  | vstupní data |
| 3  | vstupní data |
| 4  | zem          |
| 11 | RF výstup    |
| 13 | zem          |
| 15 | +5V          |

Přivedená vstupní data jsou namodulována na nosný signál o kmitočtu 433,92 MHz s

maximální možnou odchylkou nosného signálu o 100 kHz.

Maximální modulační kmitočet je 4 kHz. Rozmezí pracovních teplot modulu je -20°C až +80°C. Prostřednictvím výstupu na pinu č. 11 jsou data odeslána na externí anténu. Vysílací modul je napájen napětím 5 V přes Pin 15 s maximální dovolenou odchylkou  $\pm 0,5$  V. Pro vlastní činnost je proudový odběr modulu 4 mA [7].

## 2.6.2 Přijímač modul



Obr. 2) Rozměry modulu Aurel bc-nbk.

Tab. 3) Zapojení pinů přijímacího modulu.

|    |            |
|----|------------|
| 1  | +5 V       |
| 2  | zem        |
| 3  | anténa     |
| 7  | zem        |
| 11 | zem        |
| 13 | měřicí bod |
| 14 | výstup     |
| 15 | +5 V       |

Použitá prutová anténa musí být připojena k výstupu vysílače – Pin 11. Výrobce modulu uvádí, že anténa musí být alespoň 5cm vzdálená od obvodových a kovových částí zařízení. Napájení na pinu 1 a 15 je 5V  $\pm 10\%$ .



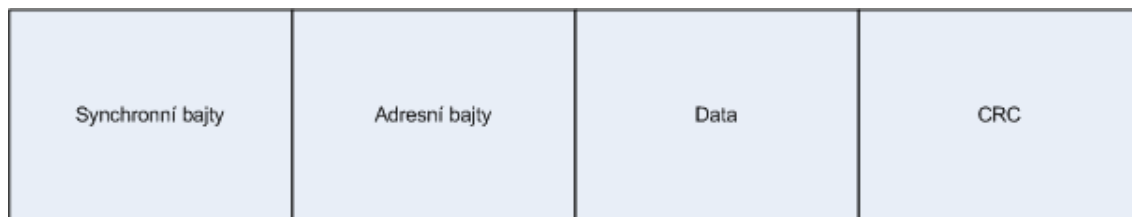
### 3 Komunikační protokol

Komunikační protokol nám udává určitou konvenci nebo standard, podle kterého má přenos dat probíhat. V případě, kdy využíváme pro bezdrátovou komunikaci moduly Aurel je nutné zajistit sériovou komunikaci, data jsou poté odesílána bit po bitu podle priority bez synchronizace. Zároveň si musíme uvědomit, že komunikace probíhá jednostranně a to od vysílací k přijímací části. K přenosu je nejvhodnější použít asynchronní přenos, kdy obě strany nemají společný hodinový signál, ale každá svůj dostatečně přesný hodinový signál. Asynchronní přenos, z důvodu malého objemu dat a nezávislosti na drobné časové prodlevě. K synchronizování obou zařízení je proto nejvhodnější využít takzvané synchronizační značky. Které vždy na začátku vysílání informace upozorní přijíací modul a podle předdefinovaných stavů se synchronizují. Po několika značkách se považují za izochronní. Synchronizovanost je stav, kdy více dějů probíhá koordinovaně.

Pro synchronizaci vysílací a přijíací části je nutné navrhnout takzvané bitové slovo, podle kterého budou data přijímána a vysílána.

Bitové slovo musí obsahovat synchronizační bity, adresu zařízení, pro kterou jsou data vysílána, data která jsou přenášena a kontrolní součet, takzvaný CRC (cyklický redundantní kód), který ověří správnost přenesených informací.

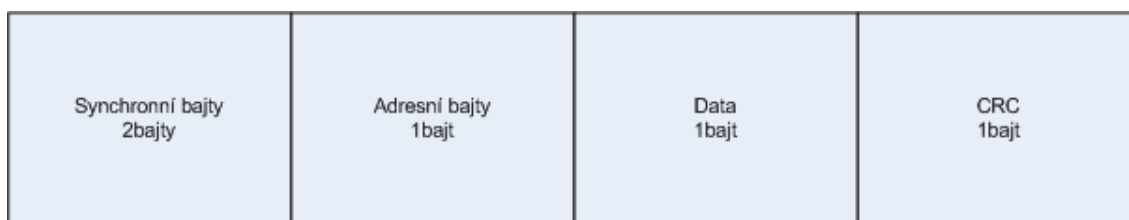
#### 3.1 Návrh bitového slova



Obr. 3) Návrh bitového slova.

Bitové slovo Obr. 3) je posloupnost několika po sobě jdoucích bajtů, které přenášíme z vysílače do přijímače. Na začátku bitového slova je synchronní bajt. V tomto případě je vhodné volit pro synchronizaci takzvané dvě bytové značky, které budou obě obsahovat předem danou posloupnost bitových hodnot, ve formě po sobě jdoucích nízkých a vysokých stavů. Při

přijmu tohoto signálu se dekodují a přijímací a vysílací část se stane izochronní. Příjemce, také bude naslouchat dalším přijímaným signálům. Po synchronizaci následuje jeden Adresní bajt. V tomto bajtu bude zaznamenána adresa příjemce, pro kterého je zpráva určena. Zde je tedy možnost oslovit  $2^8$  tedy až 256 různých příjemců. Po příjmu adresního bajtu, následují data. Na data pro náš účel stačí přenést pouze jeden datový bajt. Po přenosu adresy a dat je nutné ještě zkontrolovat správnost přenesených dat. Kontrola přenesených dat se provede pomocí cyklického redundantního kódu. CRC kód, alespoň z části zajistí, kontrolu správnost před i po přenosu, adresy a datových bajtů. Zajistíme tak správnost adresy, aby nedošlo k příjmu zprávy na špatné adrese, tedy na jiném přijímači tak i správnost přenesených dat, kde by se zobrazily nesmyslné znaky. Pro tento cyklický redundantní součet vyhradíme 1 bajt, v tomto případě bude výpočet schopen s velkou pravděpodobností určit, zda došlo při přenosu k nežádoucím chybám, nebo jestli přenos proběhl bez chyb. V případě chyby ignoroval. Vše je vhodné jistit několikanásobným odesláním vysílané zprávy. Výsledný návrh bitového slova viz Obrázek. 4)



Obr. 4) Konečný návrh bitového slova s bajtovou náročností.

Ukončovací bajt v našem případě nebude nutné použít. Ukončení je totiž vyřešeno softwarově. Kdy se ukončení pozná podle součtu přijatých bajtů. V našem případě se jedná o Adresní, Datový a CRC. Tedy 3byty plus synchronizační.

## 3.2 Cyklický redundantní součet

Cyklický redundantní součet, označovaný také CRC (zkratka anglického *Cyclic redundancy check*)

Tato funkce se využívá k detekci chyb při přenosu nebo ukládání dat. Vznik chyby při přenosu nastává, jsou-li přenášené posloupnosti pozměněny jedním z druhů šumu a to tak, že dojde ke změně přenášené informace. Hlavní výhodou je jednoduchost, jde o velmi rozšířený způsob realizace kontrolního součtu. Kontrolní součet je odesílán nebo ukládán společně s daty, při jejichž přenosu nebo uchovávání by mohlo dojít k chybě. Po převzetí dat je znovu nezávisle spočítán. Pokud je znovu spočítaný kontrolní součet odlišný od přeneseného nebo uloženého, je

zřejmé že při přenosu nebo uchovávání došlo k chybě a v určitých případech je možné chybu pomocí CRC opravit [8].

V našem případě bude CRC použit jako detekční kód, podobně jako je například parita nebo kontrolní součet.

Odesílatel aplikuje na odesílaná data algoritmus, na kterém je dohodnut s příjemcem, a který vyplývá z povahy detekčního kódu. Výsledkem je pak zabezpečovací údaj, který odesílatel „přišpendlí“ k původním datům, a odešle je příjemci. Ten aplikuje na přijatá data přesně stejný algoritmus, a výsledek porovná se zabezpečovacím údajem, který obdržel od odesílatele. Jde-li například o zabezpečení kontrolním součtem, spočívá zmíněný algoritmus v prostém sečtení jednotlivých datových bytů či slov, chápaných pro tento účel jako čísla, a zabezpečovacím údajem je pak výsledný součet. Jak jsme si ale již uváděli minule, Spolehlivost zabezpečení pomocí kontrolních součtů ovšem není příliš veliká, a pro mnohé účely nedostatečná.

Dostatečnou spolehlivost nabízí až výše avizované cyklické kódy (CRC) například zabezpečovací údaj, generovaný podle této metody v nejčastěji používaném rozsahu 16 bitů, umožňuje příjemci rozpoznat všechny shluky chybných bitů se stoprocentní jistotou, shluky délky 17 bitů s pravděpodobností 99,9968%, a ostatní chyby s pravděpodobností 99,9984%. [16]

Odesílatel si data určená k odeslání na chvíli představí jako jedno velké číslo. Toto číslo pak vydělí jiným číslem, na kterém je s příjemcem domluven. Podíl, který mu vyjde, opomine, ale využije zbytek po dělení - ten připojí k vlastním datům jako zabezpečující údaj (na schématu bitového slova jako CRC), a vše pak odešle. Příjemce pak opakuje stejný postup a dívá se, zda dostal stejný zbytek. Podstatnou roli zde přitom hraje číslo, kterým jsou data dělena (dělitel), na kterém musí být obě strany předem domluveny. [9]

Příklad funkce CRC:

Například posloupnost bitů "100101" může být přepsána jako polynom  $x^5 + x^2 + 1$ , posloupnost bitů "110011" může být přepsána jako polynom  $x^5 + x^4 + x + 1$ . Pokud nad bity těchto dvou posloupností provedeme operaci XOR, dostáváme posloupnost "010110", která odpovídá polynomu  $x^4 + x^2 + x$ .

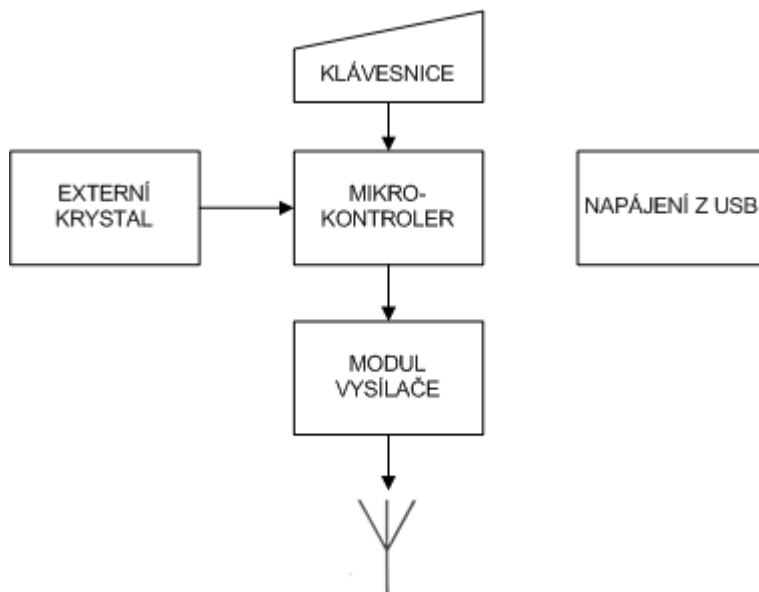
Stejný výsledek dostaneme při sčítání polynomů .

$$(x^5 + x^2 + 1) + (x^5 + x^4 + x + 1) = 2x^5 + x^4 + x^2 + x + 2 = x^4 + x^2 + x$$

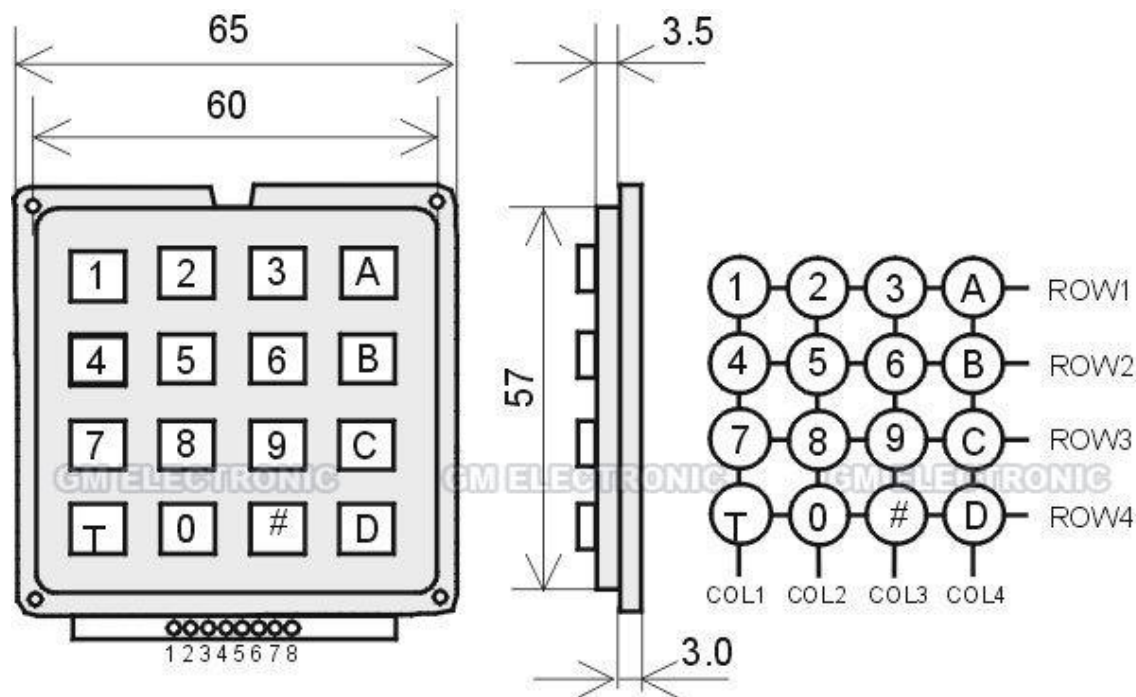
Právě jednoduchá implementace operací nad bitovými posloupnostmi je jedním z hlavních důvodů širokého rozšíření CRC algoritmů. [8]

## 4 Blokové schéma vysílací části

Na obrázku 2) je nakresleno blokové schéma vysílací části přístroje. Obsahuje část pro obsluhu „klávesnice“, v realizační části to bude jediná část, s kterou přijde uživatel do styku. Při psaní programu musí být ošetřena možnost zákmitu. Ideální klávesnice pro náš účel je klávesnice F-KV16KEY viz Obr. 6), tuto klávesnici můžeme využít pro volbu příjemce, například využitím kláves (A,B,C,D) a pro odeslání konkrétní zprávy lze využít numerickou klávesnici, která obsahuje čísla (0 až 9). Při stisku tlačítka dostane mikrokontrolér impuls a začne vysílat přes modul vysílače Aurel. Výstup tohoto modulu je připevněn na prutovou anténu nebo vodič délky, která je rovna jedné čtvrtině vlnové délky. V případě modulu Aurel, kdy je jeho frekvence 433 MHz bude délka dle výpočtu rovna 17cm. Napájení vysílače bude zajištěno pomocí baterií s dostatečnou kapacitou, a také v pouzdru zařízení by měl být otvor pro snadnou manipulaci a výměnu baterií.



Obr. 5) Blokové schéma vysílací části.



Obr. 6) Klávesnice F-KV16KEY..

Výpočet délky antény pro vysílací modul:

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} = \frac{3 \cdot 10^8}{\frac{433,92 \cdot 10^6}{4}} = 0,1728m \triangleq 17cm$$

c – rychlost světla ve vakuu

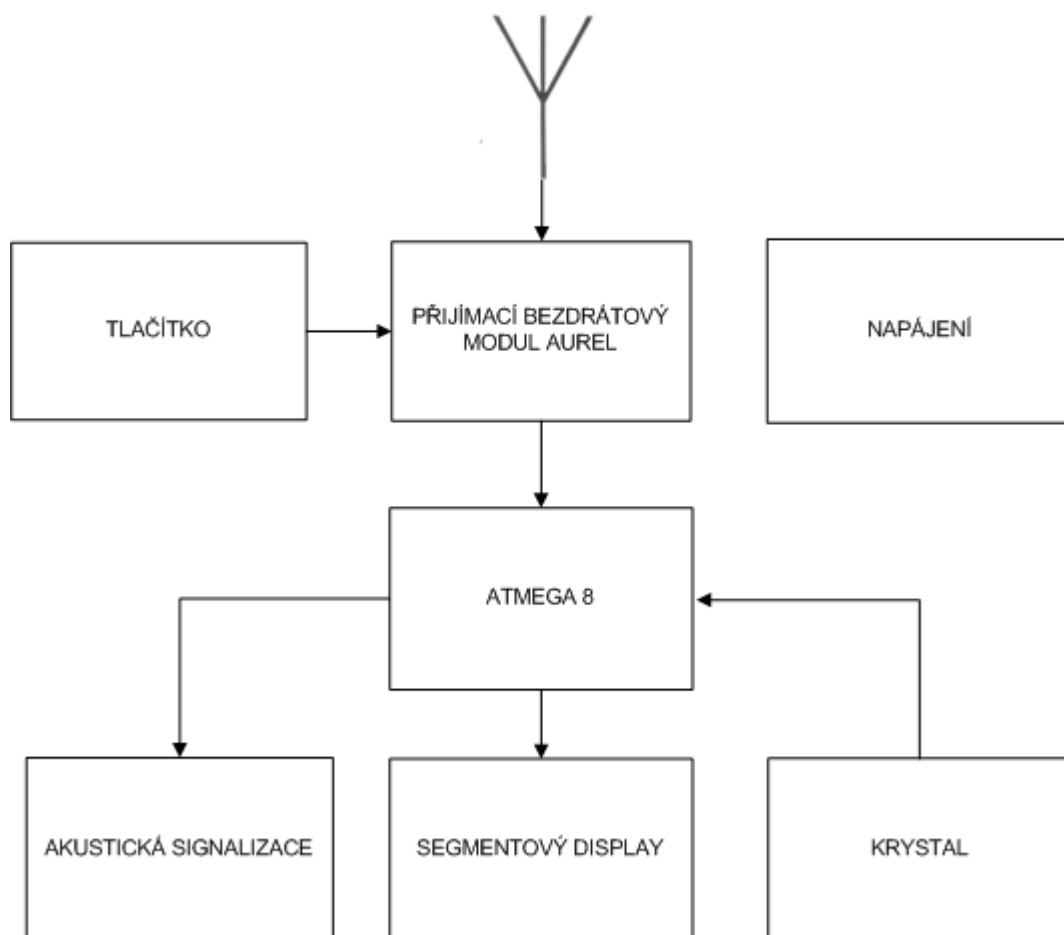
f – frekvence

$\lambda$  – vlnová délka

Výpočet [10]

## 5 Blokové schéma přijímací části

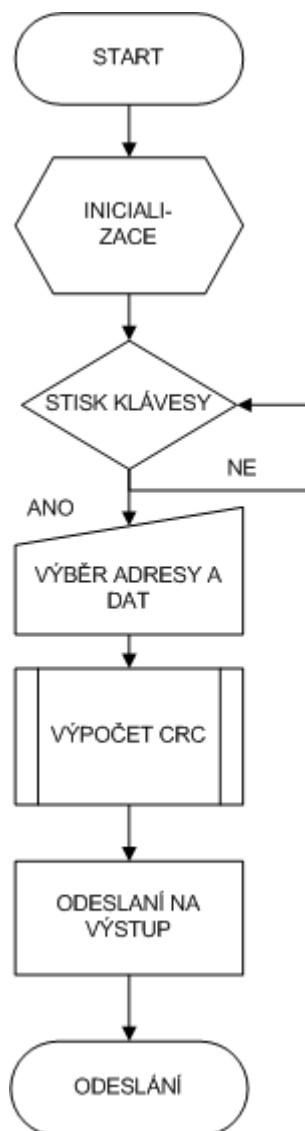
Na obrázku 7) je nakresleno blokové schéma přijímací části přístroje. Anténa přijímače zachytává okolní signály a pomocí přijímacího modulu Aurel je předává do mikrokontroléru, který vyhodnotí, jestli je on správným příjemce, pokud není příjemcem, nebere informaci v potaz a dále se jí nevěnuje. Pokud je příjemcem zpracuje příchozí zprávu, vypočítá CRC a pokud přišla zpráva bez chyby vypíše jí na display formou čísla a zvukově informuje majitele. Číslo zprávy zobrazuje na segmentový display, dokud obsluha nezmačkne tlačítko které ji vymaže. Celý systém je napájen bateriemi, aby přijímač mohl být mobilní a obsluha jej mohla nosit sebou. Stejně jako u vysílače je i u přijímače nutno zajistit dlouhou provozu schopnost.



Obr. 7) Blokové schéma přijímací části.

## 6 Vývojový diagram programu

### 6.1 Schéma vysílací části



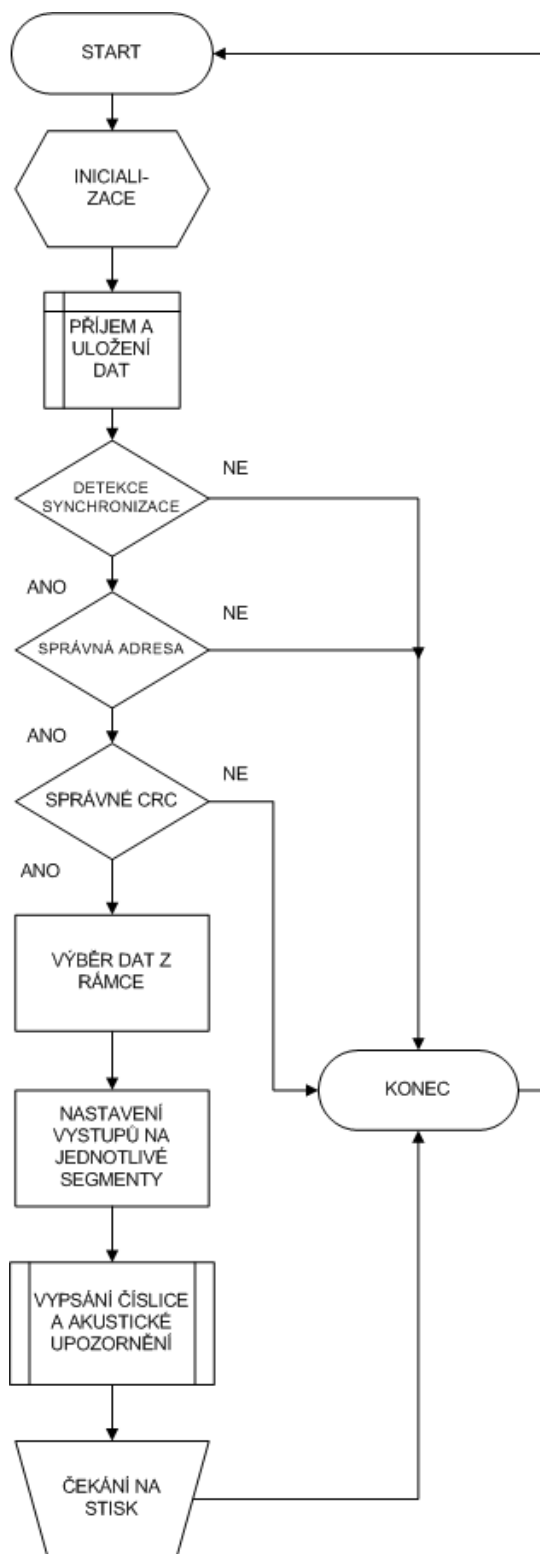
Obr. 8) Vývojový diagram programu pro vysílací část.

Na obrázku 8) je nakreslený průběh a zpracování vysílací části programu. Celé zařízení po startu, tedy přivedení napájení na mikrokontrolér spustí samotný mikrokontrolér, načte z jeho paměti posloupnost instrukcí, jako je povolení přerušení nastavení portů a poté bude vyčkávat na vstupní impuls ve formě stisku tlačítka uživatelem. Uživatel nejdříve zvolí na klávesnici

tlačítko pro výběr příjemce (A,B,C,D). Poté provede výběr na alfanumerické klávesnici, která hodnota se má odeslat. Výběr je odeslán stiskem mřížky. Zákmity tlačítek jsou eliminovány v programu ochrannou dobou (250ms). Po tuto dobu se nenačítá z klávesnice žádná hodnota a tím se eliminují zákmity. Při správném pořadí výběru adresáta a konkrétní hodnoty se vypočítá kontrolní součet, který se uloží za tato data. Kontrolní součet je počítán ze vstupního pole (data a adresa) a délky tohoto pole. Poté se data odešlou na výstup mikrokontroléru. Konkrétně na výstupní port TxD, který je u mikrokontroléru přímo určen pro sériovou komunikaci. Celá informace je několikrát po sobě odeslána, aby se minimalizovala pravděpodobnost nepřijetí informace. Počet odeslání je možné měnit v samotném programu. Po odeslání dat na výstup přejde mikrokontrolér opět na začátek programu a čeká na další stisky klávesnice.



## 6.2 Schéma přijímací části

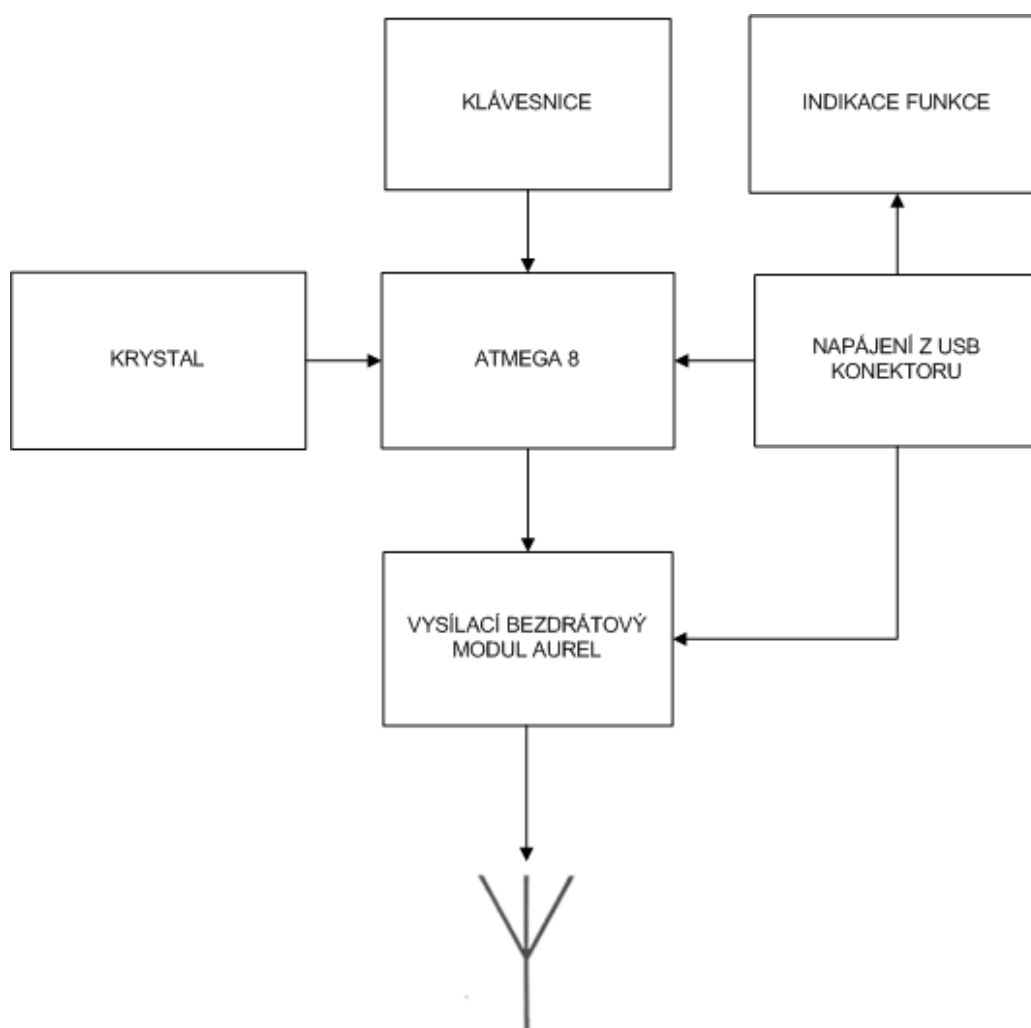


Obr. 9) Vývojový diagram programu pro přijímací část.

Na obrázku 9) je nakreslený průběh a zpracování přijímací části programu. Celé zařízení po startu, tedy přivedení napájení na mikrokontrolér spustí samotný mikrokontrolér, načte z jeho paměti posloupnost instrukcí a bude vyčkávat na příjem dat z vysílací části zařízení na portu RxD, který je proto v mikrokontroléru přímo určen. V případě příjmu signálu, který začíná dvěma předdefinovanými synchronizačními byty, začne mikrokontrolér přijatá data ukládat. V případě, že detekce synchronizačních znaků neproběhne v pořádku. Data dále neuvažuje za relevantní, a neukládá je. Vyčkává na další synchronizační bajty. Jsou-li synchronizační data v pořádku, prověří program platnost adresy. V případě, že není adresátem, ukončuje veškerý proces s daty. V případě, že je adresátem, přečte ze signálu hodnotu dat a spočítá CRC. Nejsou-li data porušena, provede se výpis čísla zprávy na segmentový display a rozezní se zvukové znamení. Zpráva z display se smaže, až stiskem tlačítka. Po stisku mazacího tlačítka se přístroj opět nastavuje do výchozí pozice.

## 7 Systémový návrh

### 7.1 Systémový návrh vysílače

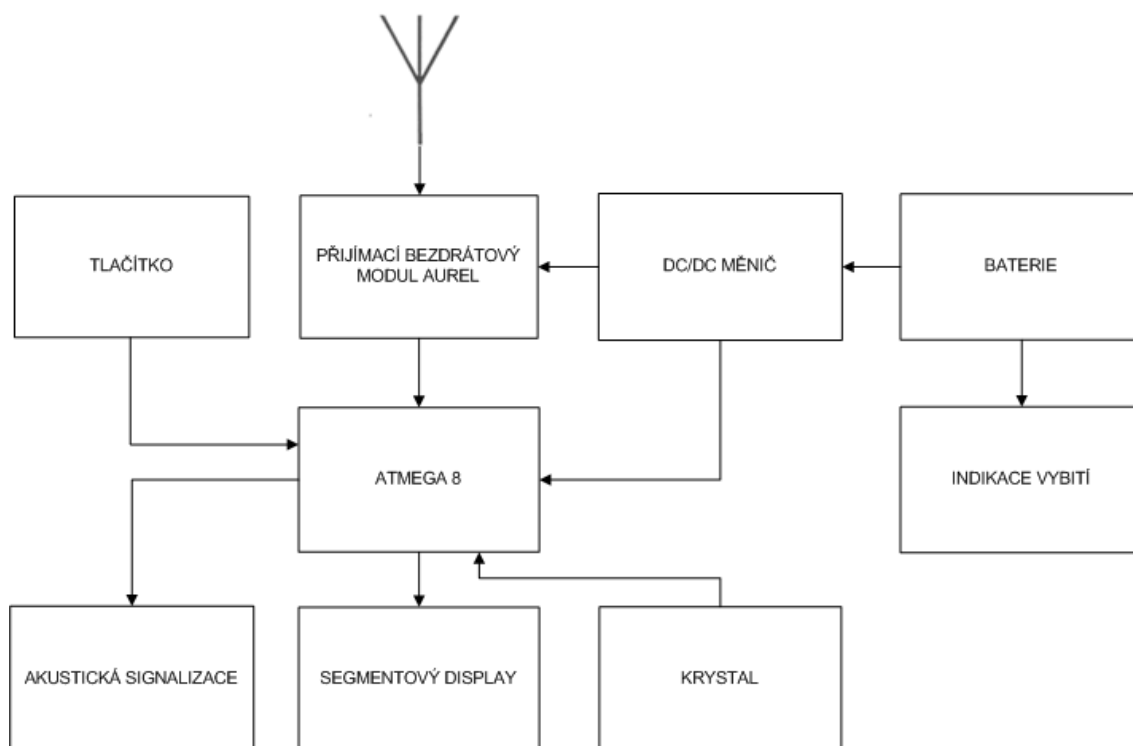


Obr. 10) Systémový návrh vysílače.

Systémový návrh vysílače vychází ze sestavení dílčích částí obvodu podle schématu na obrázku 5). Po stisku kláves pro adresu a data na vysílači dostane mikrokontrolér povel pro vysílání signálu ve formátu bitového slova obr. 4). Časování stejně jako v případě přijímače zajišťuje externí krystal. Napájení z konektoru USB je voleno pro velké rozšíření (na každém

PC) a vysokou spolehlivost, kdy uživatele neohrožuje vybití baterie. Pomocí tohoto konektoru, kde nám výstupní napětí 5V a proud až 100mA zajišťuje napájení pro mikrokontrolér i bezdrátový modul. Vysílací bezdrátový modul obr. 1) vyšle přijímaný signál do antény, která je připojená na jeho výstup a odešle tak signál do okolí. Kontrolní dioda indikuje přítomnost napětí v mikrokontroléru.

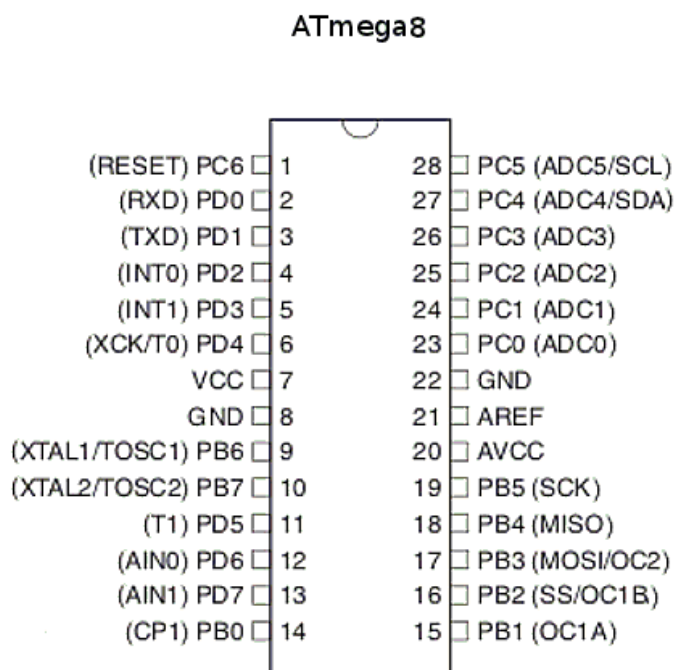
## 7.2 Systémový návrh přijímače



Obr. 11) Systémový návrh přijímače.

Systémový návrh přijímače vychází ze sestavení dílčích částí obvodu podle schématu na obrázku 7). Na vstup (3.) bezdrátového přijímacího modulu obr. 9) je připojena prutová anténa délky 17cm dle výpočtu[17]. Bezdrátový modul je napájen přes měnič stejnosměrného napětí, který je popsán spolu s bateriovou částí níže. Volba baterií nám ovlivní výsledné rozměry a dobu provozu zařízení. Bezdrátový modul komunikuje s mikrokontrolérem přes datový výstup. Mikrokontrolér Atmega 8 zajišťuje příjem, vyhodnocení zpracování a výpis příchozích dat. Jeho pracovní frekvenci udává externí krystal. Volba externího krystalu namísto využití interního časování je z důvodu snížení pracovní frekvence a úspore energie, která je při využití baterií důležitá. Napětí na bateriích je hlídáno a při poklesu pod určitou mez se rozsvítí indikační kontrolka, která na vybití upozorní. Výstupem z mikrokontroléru bude majitel upozorněn na segmentový display a zároveň se zapne akustická signalizace. Upozorňování skončí, až po stisku tlačítka, které obsluha stiskne při přečtení zprávy. Mikrokontrolér se po stisku přepne znovu do stavu přijímání zpráv.

## 7.3 AT MEGA 8



Obr. 12) Schéma vstupů a výstupů ATmega 8 [13].

Pro realizaci pageru byl jako nejvhodnější vybrán mikrokontrolér AT mega 8, který splňuje kombinaci požadavků na nízké náklady, malé rozměry, zvládne všechny požadované úkoly. Využívá Harvardskou architekturu, kde paměť využitá pro program je oddělena od paměti, která se využívá pro data, to zamezuje přepsání programu daty. Taktovací frekvence je 2 MHz a napájecí napětí 4,5 až 5,5V. Provedení v pouzdru DIL28.

## 7.4 Baterie

Při volbě baterie je jako hlavní vlastnost pro naše účely brána kapacita článku a jeho velikost. Dále musíme zohlednit vybíjecí charakteristiky a vhodné je volit články, které lze dobíjet ve více cyklech. Vhodnou volbou zajistíme delší dobu provozu a vhodné výstupní napětí. Požadavek, aby bylo výstupní napětí rovno 5V, které se využívají pro napájení mikrokontroléru přijímacího modulu, nevyhovovala žádná kvalitní a cenově dostupná baterie. Stejně jako prvotní volba baterie 9V zapojené se step/down měničem nebyla vyhovující z důvodu, že baterie neměla dostatečnou kapacitu maximální nalezená GP NiMH9V(200 mAh). Nickel-Methal-hydrydová baterie se vyznačuje vysokou objemovou energetickou, proto byla zvolena kombinace dvou tužkových bateriek.[14]

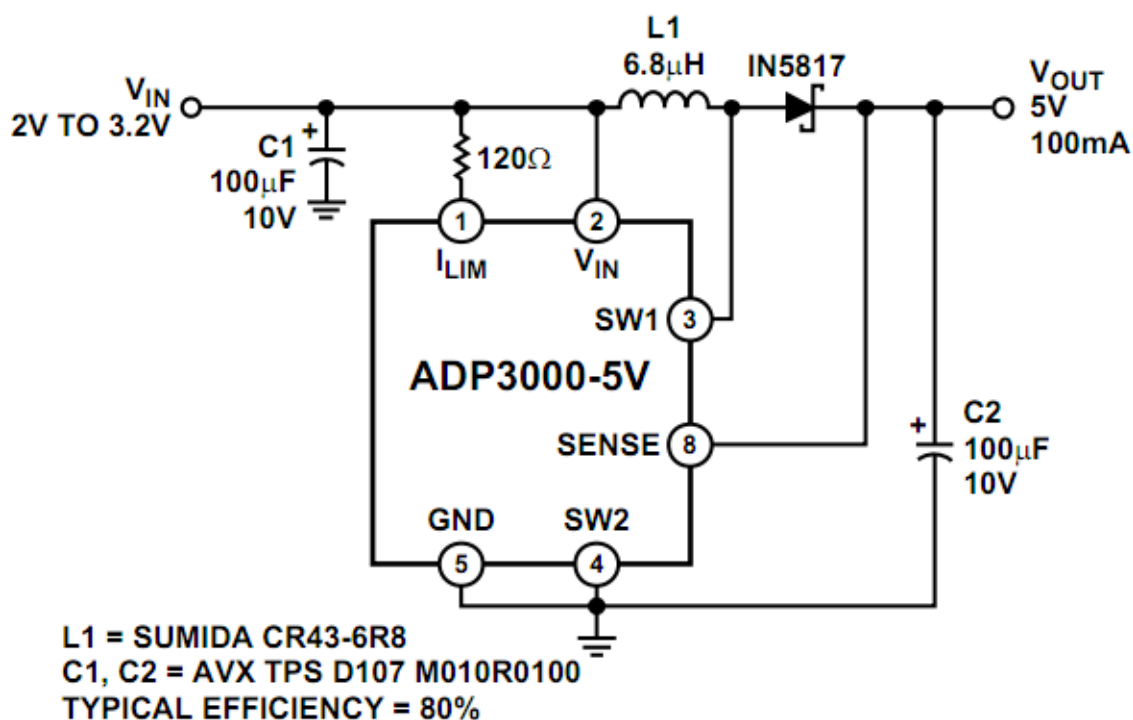
Tato baterie s nominálním svorkovým napětím 1,2V a kapacitou 2600mAh je při více než 500 dobíjecích cyklech a příznivé ceně vhodnou volbou.

Z její vybíjecí charakteristiky je patrné, že při odběrovém proudu 250mA klesne svorkové napětí na 1,1V po deseti hodinách vybíjení.[15].

Sériové spojení těchto dvou AAA baterií nám dává svorkové napětí 2,4V, které dále převádíme obvodem ADP3000 na výstupních 5V. Tento DC/DC měnič vyžaduje vstupní napájecí napětí v rozsahu od 2 do 3,2V. K měniči je připojen integrovaný obvod pro monitorování stavu nabití baterií MAX6322-2R, který v případě poklesu napětí pod 2,1V rozsvítí varovnou diodu a upozorní tím majitele na kritický stav baterie. Další výhodou je skutečnost, že tužkové baterie jsou lehce dostupné a za nízkou pořizovací cenu.

## 7.5 Měnič stejnosměrného napětí

Pro převod z napětí 2,4V, které nám poskytují tužkové baterie, je nutné do obvodu zařadit takzvaný STEP/UP měnič. Tento měnič přemění vstupní napětí, které bude kolísat v rozmezí od 3 (1,5V na baterii při maximálním nabití) po hodnotu 2,1V, při které bude indikován kritický stav. Těmto skutečnostem nejlépe vyhovuje obvod ADP3000. Na obrázku 13. Příklad zapojení převzat z katalogového listu.[11] Jeho vstupní napětí od 2 do 3,2V je plně vyhovující, stejně jako výstupní napětí 5V. Nevýhodou tohoto obvodu je jeho horší dostupnost na trhu. Obvod vykazuje i napěťovou stálost v nepříznivých klimatických podmínkách. Další výhodou jsou jeho kompaktní rozměry (6,25mm×5mm) a potřeba minimálního počtu pomocných součástek.



Obr. 13) Příklad zapojení Step-Up měniče. Převzato [11].



## 7.6 Krystal



Obr. 14) Krystal.

Jako externí krystal byl vybrán krystal s frekvencí 2MHz a pracovní teplotou, která je v rozmezí od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ . Krystal je třeba volit s nižší frekvencí, protože s klesající frekvencí klesá i spotřeba zařízení, ale snižuje se počet strojových cyklů. Vhodná je volba 2MHz krystalu s frekvenční tolerancí = 30ppm. Krystal zde je náhradou za vnitřní RC oscilátor mikrokontroléru, který nedosahuje takové přesnosti jako externí krystal a pracuje na vyšší frekvenci, která by zvyšovala energetické nároky.

## 7.7 Spotřeba energie

V případě vysílací části nám napájení z USB konektoru poskytuje proud o velikosti 100mA .

Tab. 4) Energetická bilance vysílací části.

| Napájení IO            | Spotřeba Proudů [mA] | Celkem [mA] |
|------------------------|----------------------|-------------|
| Mikrokontrolér ATmega8 | 10                   |             |
| Vysílací modul AUREL   | 3                    |             |
| LED                    | 2                    |             |
| Klávesnice             | 20                   |             |
|                        |                      | 35          |

Z tabulky je patrné, že proudová spotřeba vysílací části nepřesáhne 35mA. Mikrokontrolér (10mA), vysílací modul Aurel (3mA), Led (2mA), Klávesnice (20mA). USB konektor je schopen dodat až 100mA, lze proto říci, že proudová náročnost vysílače bude bez problémů pokryta.

V případě přijímače se snažíme, aby energetická náročnost byla co nejmenší a zároveň nám dala představu o tom, jak dlouho bude zařízení s danou energií v provozu.

Tab. 5) Energetická bilance přijímací části.

| Napájení IO            | Spotřeba Proudů [mA] | Celkem [mA] |
|------------------------|----------------------|-------------|
| Mikrokontrolér ATmega8 | 10                   | 23,62       |
| Přijímací modul AUREL  | 3                    |             |
| Měnič ADP 3000         | 0.5                  |             |
| Sledovač MAX 6322      | 0,012                |             |
| Segmentový display     | 10                   |             |

V přijímací části jsou napájeny integrované obvody: Mikrokontrolér (10mA), modul AUREL (3mA), DC/DC měnič (0,5mA), sledovač (0,012mA) a segmentový display (10mA). V součtu potřebuje přijímač tedy cca 24mA. Hodnota v praxi bude zřejmě nižší, protože je předpoklad, že display nebude svítit neustále. Musíme také brát v potaz účinnost převodníku napětí, která je 80%. U výpočtu samotného tedy bereme energetickou náročnost 24mA, průměrné napětí na bateriích 2,2V a kapacita 2700mAh. Účinnost měniče je 80%. Příkon tedy spočítáme jako:

$$P = U \times I = 5 \times 0,024 = 0,12W = 120mW$$

$$\frac{P_1}{120} = \frac{100\%}{80\%} \Rightarrow P_1 = \frac{120 \times 1}{0.8} = 150mW$$

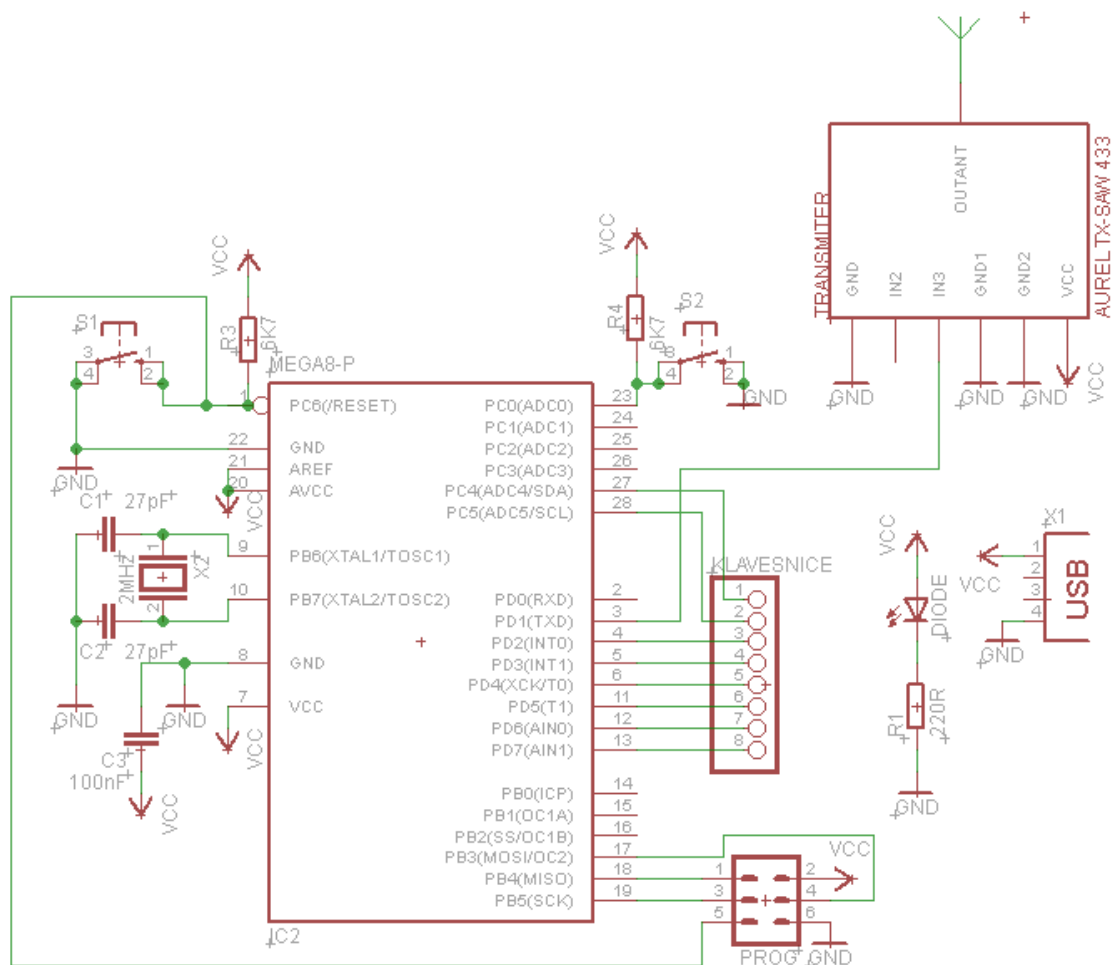
$$I = \frac{P_1}{U_1} = \frac{0,150}{2.2} = 0,068A \approx 70mA$$

$$t = \frac{2700}{70} = 38,6h$$

Z výpočtů je patrné, že přijímač bude pracovat po dobu alespoň 38 hodin a 30minut. V praxi lze předpokládat délku doby funkce zařízení obdobnou nebo delší, protože display nebude neustále v provozu. Obsluha bude také včas upozorněna rozsvícením LED.

## 8 Schémata zapojení

### 8.1 Schéma zapojení vysílací části



Obr. 15) Schéma zapojení vysílací části přístroje.

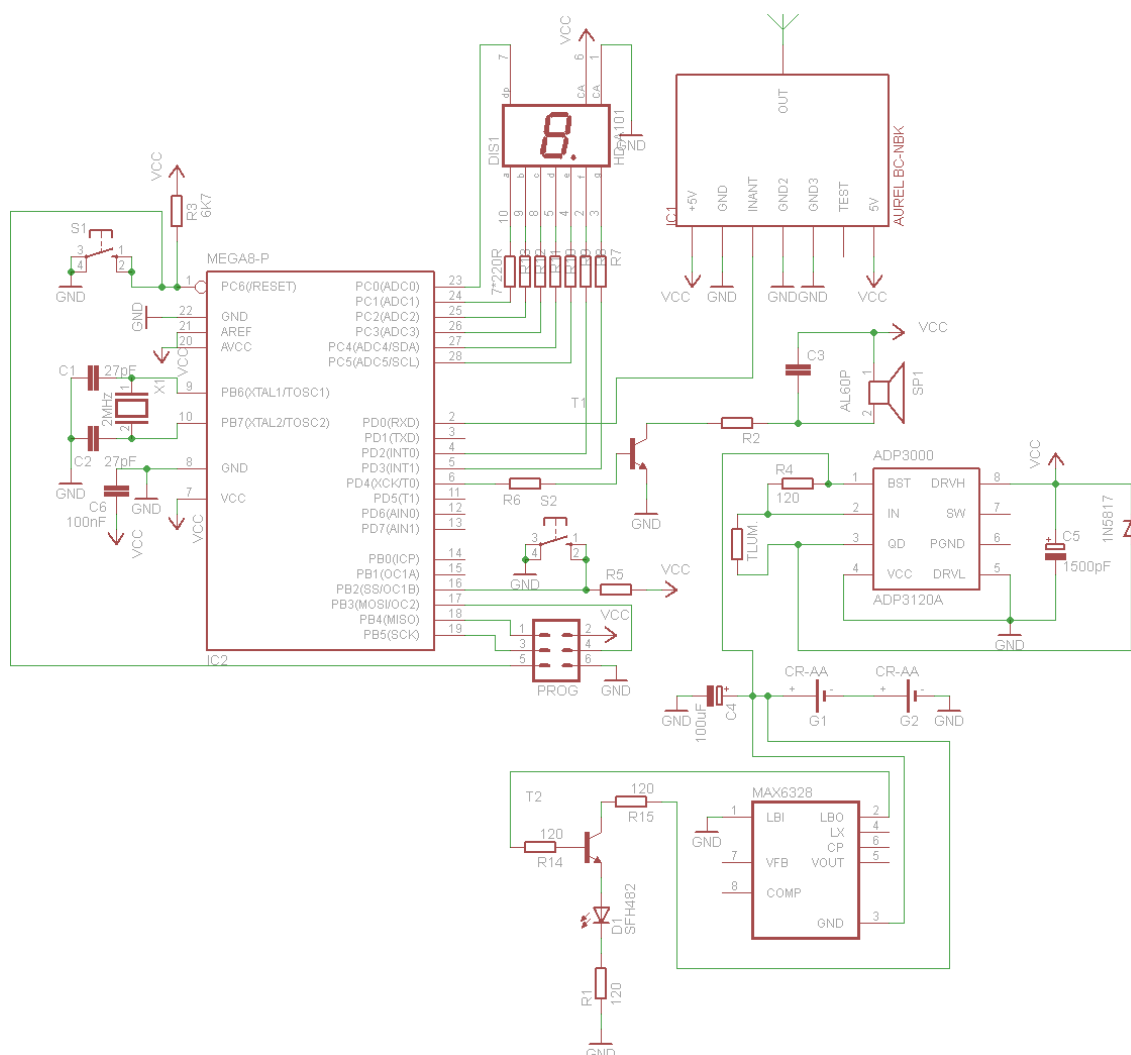
Ve schématu je zakresleno zapojení vysílače. Hlavním blokem je mikrokontrolér ATmega8. Napájení pro jeho funkci je v případě vysílače bráno z USB konektoru, kde na pinech 1 a 4 je napájecí napětí 5V. Dále je mikrokontrolér spojen s externím krystalem s frekvencí 2MHz, která je pro náš účel dostatečující a v případě příjemce pomáhá k snížení napájecích nároků. Deska je dále osazena konektorem pro programování logického obvodu, toto opatření pomůže při doladování nebo následných úprav programů. Výstup na klávesnici je realizován pinovou lištou z toho důvodu, že je předpoklad mít přístroj uzavřený v krabici

s dostatečným krytím, např. IP44, proto je předpoklad, že klávesnice bude vyvedena na povrch a s deskou spojena drátově. Kromě resetovacích tlačítek obsahuje obvod ještě kontrolní diodu, která indikuje přítomnost napětí v zařízení. Modul Aurel, který je používán pro odesílání informací byl popsán v kapitole 2.6 Výběr modulu. Napájení modulu (5V) je přivedeno na pin 3.

## **8.2 Osazovací deska plošného spoje vysílače**

Na osazovací desce bylo voleno co možná nejefektivnější rozmístění součástek. Vychází se z předpokladu, že zařízení bude umístěno v normalizované krabici, proto konektor napájení musí být na kraji plošné desky. Stejný byl přístup ve volbě konektoru pro klávesnici a tlačítka. Osazovací schéma je přiloženo v příloze, stejně tak i seznam použitých součástek. Seznam součástek nám dává představu o množství a druhu použitých součástek, jejich hodnoty byli odečteny z katalogového listu.

### 8.3 Schéma zapojení přijímací části



Obr. 16) Schéma zapojení přijímací části přístroje.

Ve schématu na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je zakresleno zapojení přijímače. Hlavním blokem je mikrokontrolér ATmega8. Napájení pro jeho funkci je v případě přijímače bráno ze dvou tužkových AAA baterií, které mají celkové sériové napětí 2,4 V. Toto napětí je zvětšeno pomocí obvodu ADP3000. Tento obvod přemění vstupní napětí, které může být v rozmezí od 2V do 3,2V na výstupní napětí obvodu na 5V (100 mA).[11] Hodnotu napětí přivedeného na vstupu do měniče hlídá obvod MAX6322 2R, který rozsvítí (sepnutím tranzistoru T2) indikační LED, která majitele upozorní na prahovou hodnotu napětí. Obvod reaguje při poklesu na prahovou hodnotu napětí 2,1 V [12]. Napětí 2,1 V odpovídá 1,05 V pro každou baterii, což je hodnota, na kterou se baterie popisovaná v odstavci 7.4 vybijí při odběrovém proudu 250mA za více než deset hodin.[13]. Další součástí je tlačítko pro

potvrzení přečtení, segmentový display pro vykreslení čísla zprávy a malý integrovaný reproduktor pro akustické upozornění. Implementován je i konektor pro přeprogramování mikrokontroléru přímo na desce plošného spoje.

Na osazovací desce plošného spoje si můžeme názorně představit, jak je v návrhu splněn nárok na velikost přístroje, který musí mít přivolávaná osoba u sebe. Nejvíce prostoru na desce zabírají dvě tužkové baterie AAA, které mají délku 50,5mm.[13].

Deska musela být navrhována oboustranně. Pro desku musí být opět vhodně voleno pouzdro s vhodným krytím, například IP44. Osazovací deska je zahrnuta v příloze, stejně jako seznam součástek.

## 9 Závěr

V diplomové práci jsem vybral vhodnou součástku pro bezdrátový přenos informace z vysílací do přijímací části. Prostudoval jsem možnosti přenosu a zvolil pro požadavky tu nejvhodnější variantu, která je realizována RF modulem, který pracuje na frekvenci 433MHz. Poté jsem navrhl komunikační protokol, který zabezpečuje synchronizaci, adresaci a zabezpečení vysílané zprávy. Sestrojil jsem blokové schéma přijímací i vysílací části a zhotovil jejich vývojové diagramy. V práci je i výčet potřebných součástek, návrh desky plošných spojů i program samotný, který byl vypracován v programu AVR studio 5.1.

Principem je, že si obsluha zvolí na vysílači, který je napájen z USB portu, adresu příjemce, poté číslo, které bude odesláno do přijímacího modulu. Přijímací modul je přenosné zařízení, kde byl kladen důraz na kompaktní rozměry a dostatečnou vydrž na baterie, která byla vypočítána na dobu, která by měla přesahovat 38hodin. Po přijetí informace bude obsluha zvukově upozorněna a číslo obdržené zprávy bude zobrazeno, dokud jej obsluha tlačítkem nevymaže.

Díky vlastnostem, jako je 38. hodinová funkce zařízení na jedno nabití, kompaktní rozměry a jednoduchost, lze toto zařízení využít nejen v nemocniční oblasti, ale i pro osobní účely, jako je přivolání dětí nebo například zaměstnanců.



## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1) Rozměry modulu Aurel tx-saw.....                         | 8  |
| Obr. 2) Rozměry modulu Aurel bc-nbk. ....                        | 9  |
| Obr. 3) Návrh bitového slova.....                                | 10 |
| Obr. 4) Konečný návrh bitového slova s bajtovou náročností. .... | 11 |
| Obr. 5) Blokové schéma vysílací části.....                       | 13 |
| Obr. 6) Klávesnice F-KV16KEY.....                                | 14 |
| Obr. 7) Blokové schéma přijíací části.....                       | 15 |
| Obr. 8) Vývojový diagram programu pro vysílací část.....         | 16 |
| Obr. 9) Vývojový diagram programu pro přijímací část.....        | 18 |
| Obr. 10) Systémový návrh vysílače. ....                          | 20 |
| Obr. 11) Systémový návrh přijímače. ....                         | 22 |
| Obr. 12) Schéma vstupů a výstupů ATmega 8 [13].....              | 23 |
| Obr. 13) Příklad zapojení Step-Up měniče. ....                   | 25 |
| Obr. 14) Krystal. ....   | 26 |
| Obr. 15) Schéma zapojení vysílací části přístroje. ....          | 28 |
| Obr. 16) Schéma zapojení přijímací části přístroje. ....         | 31 |

# Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab.1: Porovnání vlastností ISM pásem.....      | 7  |
| Tab.2: Zapojení pinů vysílacího modulu. ....    | 8  |
| Tab.3: Zapojení pinů přijímacího modulu. ....   | 9  |
| Tab.4: Energetická bilance vysílací části.....  | 26 |
| Tab.5: Energetická bilance přijímací části..... | 27 |

# Literatura

- [1] *Automatizace.cz: Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku. HÁJEK, Jan. Automatizace.cz: odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku. [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=639>*
- [2] *Wi-Fi. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>*
- [3] *BRADÁČ, Zdeněk. Bezdrátový komunikační standard ZigBee. In: Automatizace.cz: Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku. [online]. 2005 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=638>*
- [4] *[Http://www.irda.org/](http://www.irda.org/): Infrared Data Association. <Http://www.irda.org/> [online]. 2011 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.irda.org/>*
- [5] *Bezdrátová čtečka čárových kódů. BRNO, 209. Bakalářská. FIT brno. Vedoucí práce ING. JOSEF STRNADEL, PH.D.*
- [6] *Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/08.2005-24 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu [online]. Dostupné z: [http://www.ctu.cz/1/download/OOP/Rok\\_2007/VO\\_R\\_10\\_03\\_2007\\_4.pdf](http://www.ctu.cz/1/download/OOP/Rok_2007/VO_R_10_03_2007_4.pdf)*
- [7] *AUREL S.p.A. TX-SAW/433 s-Z (Instruction manual) [online]. Poslední aktualizace 19. 9. 2001, [cit. 2008-5-5]. Dostupné z: <http://www.aurelwireless.com>*
- [8] *Cyklický redundantní součet. Wikipedia.org [online]. 2008, 4. 1. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/CRC>*
- [9] *PETERKA Jiří. Zabezpečení dat přenosy [online]. 1991, [cit. 2008-5-5]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz>*

- [10] AUREL S.p.A. TX-SAW/433 s-Z (Instruction manual) [online]. Poslední aktualizace 19.9.2001, [cit. 2008-5-5]. Dostupné z: <http://www.aurelwireless.com/>
- [11] Micropower Step-up/step-down Fixed 3.3 V, 5 V, 12 V And Adjustable High Frequency Switching Regulator. In: *ADP3000* [online]. 2010 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: [http://www.dz863.com/datasheet-89819363-ADP3000\\_Micropower-Step-up-step-down-Fixed-3.3-V-5-V-12-V-And-Adjustable-High-Frequency-Switching-Regulator/](http://www.dz863.com/datasheet-89819363-ADP3000_Micropower-Step-up-step-down-Fixed-3.3-V-5-V-12-V-And-Adjustable-High-Frequency-Switching-Regulator/)
- [12] Maxim: Innovation delivered. In: *Http://www.maxim-ic.com* [online]. rev.4. 2009, 28.4.2009 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/1792>
- [13] *A Closer Look at the ATmega8. In: Instructables: share what you make [online]. 2009 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.instructables.com/id/Build-your-own-cheap-multi-function-wireless-ca/step3/A-Closer-Look-at-the-ATmega8/>*
- [14] BERAN, Lukáš. *Http://forum.mcontrollers.com: Programing microcontrollers. In: Http://forum.mcontrollers.com* [online]. 2010 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://forum.mcontrollers.com/viewtopic.php?t=1778>
- [15] Technical information: GP Rechargeable Batteries. In: *Consumer Series* [online]. 2010 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.gpbatteries.com/html/techinfo/nimh.asp>
- [16] Earchiv.cz: archiv článků a přednášek Jiřího Peterky. *Earchiv.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a95/a524k130.php3>
- [17] Antény pro malé bezdrátové systémy: Přehled základních typů a vlastností nejčastěji používaných antén pro malé, bateriově napájené bezdrátové systémy, pracující ve frekvenčním pásmu 433 či 866 MHz. In: *Telecontrolli* [online]. 2011, 13.10.2011 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [http://pandatron.cz/?2888&anteny\\_pro\\_male\\_bezdratove\\_systemy](http://pandatron.cz/?2888&anteny_pro_male_bezdratove_systemy)

## 10 Přílohy

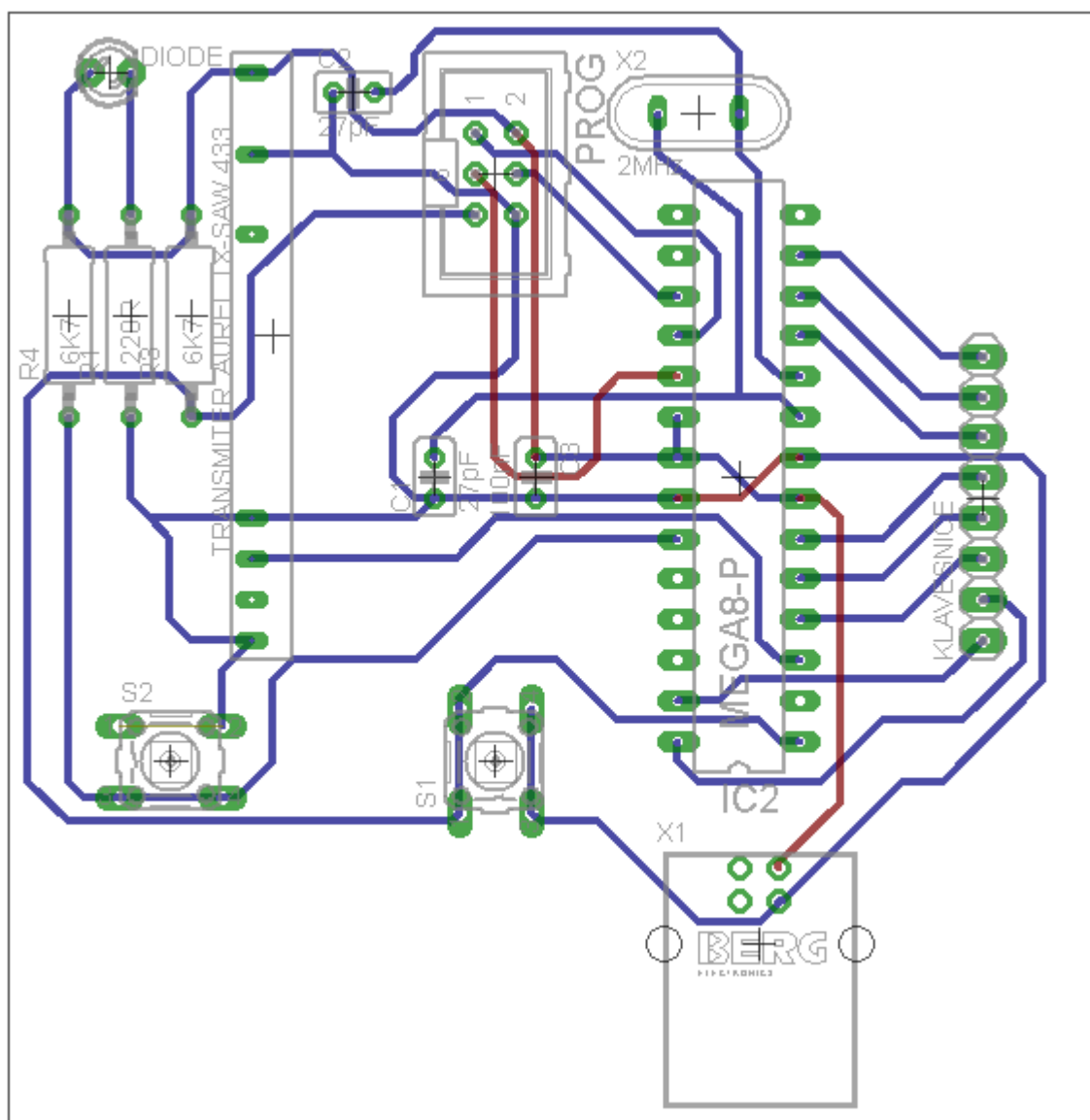
Rozpis součástek vysílací části.

| Part       | Value   | Device           | Package          | Description                 |
|------------|---------|------------------|------------------|-----------------------------|
| C1         | 27pF    | C-EU025-025X050  | C025-025X050     | CAPACITOR, Evropský symbol  |
| C2         | 27pF    | C-EU025-025X050  | C025-025X050     | CAPACITOR, Evropský symbol  |
| C3         | 100nF   | C-EU025-025X050  | C025-025X050     | CAPACITOR, Evropský symbol  |
| DIODE      |         | LED3MM           | LED3MM           | LED                         |
| IC2        | MEGA8-P | MEGA8-P          | DIL28-3          | MICROCONTROLLER             |
| KLAVESNICE |         | PINHD-1X8        | 1X08             | PIN HEADER                  |
| PROG       |         | ML6              | ML6              | HARTING                     |
| R1         | 220R    | R-EU_0309/12     | 0309/12          | RESISTOR, Evropský symbol   |
| R3         | 6K7     | R-EU_0309/12     | 0309/12          | RESISTOR, Evropský symbol   |
| R4         | 6K7     | R-EU_0309/12     | 0309/12          | RESISTOR, Evropský symbol   |
| S1         |         | 10-XX            | B3F-10XX         | OMRON SWITCH                |
| S2         |         | 10-XX            | B3F-10XX         | OMRON SWITCH                |
| TRANSMITER |         | AUREL_TX-SAW_433 | AUREL_TX-SAW_433 | Trasmettitore RF 433,92 MHz |
| X1         |         | PN61729          | PN61729          | BERG USB connector          |
| X2         | 2MHz    | XTAL/S           | QS               | CRYSTAL                     |

Rozpis součástek přijímací desky.

| Part    | Value     | Device          | Package      | Description                          |
|---------|-----------|-----------------|--------------|--------------------------------------|
| C1      | 27pF      | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | CAPACITOR, Evropský symbol           |
| C2      | 27pF      | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | CAPACITOR, Evropský symbol           |
| C3      | 100nF     | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | CAPACITOR, Evropský symbol           |
| C4      | 100nF     | CPOL-EUE3.5-10  | E3,5-10      | POLARIZED CAPACITOR, Evropský symbol |
| C5      | 1500pF    | CPOL-EUE3.5-10  | E5-6         | POLARIZED CAPACITOR, Evropský symbol |
| C6      | 100nF     | C-EU025-025X050 | C025-025X050 | CAPACITOR, Evropský symbol           |
| D1      | SFH482    | SFH482          | SFH482       | LED                                  |
| DIS1    | HD-A101   | HD-A101         | HDSP-A       | LED DISPLAY                          |
| G1      | CR-AA     | CR-AA           | CRAA         | LI BATTERY Varta                     |
| G2      | CR-AA     | CR-AA           | CRAA         | LI BATTERY Varta                     |
| IC1     |           | AUREL_BC-NBK    | AUREL_BC-NBK | Ricevitore RF 433,92 MHz             |
| IC2     | MEGA8-P   | MEGA8-P         | DIL28-3      | MICROCONTROLLER                      |
| MAX6328 | MAX631CPA | MAX631CPA       | DIL08        | Step-up SWITCHING REGULATOR          |
| PROG    |           | ML6             | ML6          | HARTING                              |
| R1      | 120K      | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |
| R2      | 10K       | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |
| R3      | 6K7       | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |
| R4      | 120K      | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |
| R5      | 6K7       | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |
| R6      | 1K        | R-EU_0309/12    | 0309/12      | RESISTOR, Evropský symbol            |

Osazovací schéma vysílací části.



Osazovací schéma přijímací části.

